



DEUTSCHES
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 33 23 956.8-31
②② Anmeldetag: 2. 7. 83
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 1. 84

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH, 7770
Überlingen, DE

⑦② Erfinder:

Uwira, Bernd, Dipl.-Phys. Dr., 7750 Konstanz, DE;
Kordulla, Hans, Ing.(grad.), 7700 Singen, DE; Egger
Johann-Friedrich, Ing.(grad.), 7770 Überlingen, DE

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 32 23 809
US 43 48 593

⑤④ Elektrooptisches Empfangssystem

Es soll ein hochauflösendes elektrooptisches Empfangssystem mit einem als ladungsgekoppelter Bauteil ausgebildeten Mosaik-Detektor geschaffen werden. Um die Zwischenräume zwischen den Detektorelementen des Mosaik-Detektors zu überdecken, ist das Gesichtsfeldbild periodisch längs einer geschlossenen Bahn verlagerbar. Die so nacheinander erhaltenen Bildinformationen werden gespeichert und daraus wird ein hochaufgelöstes elektronisches Bild für die digitale Bildverarbeitung gewonnen. Es werden verschiedene Konstruktionen der Bildversatzmittel beschrieben. (33 23 956)

DE 33 23 956 C 1

Patentansprüche:

1. Elektrooptisches Empfangssystem, enthaltend

- (a) einen Mosaik-Detektor (10) mit einer zweidimensionalen Anordnung von mit Zwischenräumen angeordneten Detektorelementen (12, 14, 16, 18) und
- (b) ein abbildendes optisches System, durch welches ein Gesichtsfeldbild auf den Mosaik-Detektor (10) abbildbar ist,

gekennzeichnet durch

- (c) Bildversatzmittel (30) durch welche das Gesichtsfeldbild zur Überdeckung der Zwischenräume periodisch längs einer geschlossenen Bahn relativ zu dem Mosaik-Detektor (10) verlagerbar ist,
- (d) Speichermittel, auf welche von den Detektorelementen gelieferte Bildinformationen, die mehreren verschiedenen Punkten oder Teilen der geschlossenen Bahn entsprechen, aufschaltbar sind und
- (e) Mittel zur Erzeugung eines hochaufgelösten elektronischen Bildes aus den gespeicherten Bildinformationen.

2. Elektrooptisches Empfangssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildversatzmittel (30) zur Erzeugung einer schrittweisen Bewegung des Gesichtsfeldbildes längs der geschlossenen Bahn eingerichtet sind.

3. Elektrooptisches Empfangssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildversatzmittel (30) zwischen vier Stellungen fortschaltbar

den vier Stellungen in je einer Ecke eines Rechtecks befindet.

4. Elektrooptisches Empfangssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildversatzmittel

- (a) einen in dem abbildenden optischen System angeordneten, kardanisch gelagerten Spiegel (32) enthalten sowie
- (b) vier um 90° gegeneinander winkelfersetzt um den Schwenkpunkt (34) des Spiegels (32) herum angeordnete Elektromagnete (54, 56, 58, 60), durch welche Momente auf den Spiegel (32) ausübbar sind zur Erzeugung einer Neigung des Spiegels (32), und
- (c) eine Ansteuerschaltung, durch welche für jede Stellung des Spiegels (32) nacheinander jeweils ein Paar benachbarter Elektromagnete erregbar ist.

5. Elektrooptisches Empfangssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Rückseite des Spiegels (32) ein ringförmiger Anschlag (68) vorgesehen ist, an welchem der Spiegel (32) bei einer nutzierenden Bewegung von einer Stellung zur anderen abrollt.

6. Elektrooptisches Empfangssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Ansteuerschaltung bei der Umschaltung von einer Stellung zur nächsten jeweils ein Elektromagnet (56) des zuletzt erregten Paares (54, 56) erregt gehalten wird, der andere Elektromagnet (54) dieses Paares, der auf einer Seite des besagten erregt gehaltenen Elektromagneten (56) sitzt, abgeschaltet und mit Verzögerung

nach dieser Abschaltung der Elektromagneten (56) sitzt, abgeschaltet und mit Verzögerung nach dieser Abschaltung der Elektromagnet (58) auf der anderen Seite erregt wird.

7. Elektrooptisches Empfangssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- (a) die Bildversatzmittel ein optisches Glied (78) enthalten, durch welches eine gleichförmig kreisende Bewegung des Gesichtsfeldbildes erzeugbar ist, und
- (b) die Speichermittel Integrationsmittel enthalten, welche die von jedem Detektorelement erzeugten Signale über jeweils ein Viertel der kreisenden Bewegung integrieren und die so erhaltenen vier Intergrale als Bildinformationen abspeichern.

8. Elektrooptisches Empfangssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildversatzmittel

- (a) einen Planspiegel (78) als das optische Glied enthalten sowie
- (b) drei um 120° gegeneinander winkelfersetzte Piezoelemente (82, 84, 86) auf denen der Planspiegel (78) abgestützt ist, und
- (c) eine Ansteuerschaltung (88), durch welche die drei Piezoelemente (82, 84, 86) mit um 120° gegeneinander phasenverschobenen Wechselspannungen zur Erzeugung einer gleichförmigen Nutationsbewegung beaufschlagbar sind.

9. Elektrooptisches Empfangssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildversatzmittel einen rotierenden optischen Keil (92) enthalten.

sprach 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildversatzmittel eine schräggestellte optische Platte (93) enthalten.

Die Erfindung betrifft ein elektrooptisches Empfangssystem, enthaltend

- (a) einen Mosaik-Detektor mit einer zweidimensionalen Anordnung von mit Zwischenräumen angeordneten Detektorelementen und
- (b) ein abbildendes optisches System, durch welches ein Gesichtsfeldbild auf den Mosaik-Detektor abbildbar ist.

Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf die Erzeugung elektronischer Bildinhalte für die digitale Bildverarbeitung. Als Mosaik-Detektoren sind ladungsgekoppelte Bauteile mit einer zweidimensionalen Anordnung von Detektorelementen bekannt. Die Detektorelemente sind in Zeilen und Spalten angeordnet. Zwischen den Zeilen und Spalten sind aus technologischen Gründen Zwischenräume gebildet. Diese Zwischenräume führen zu einem erheblichen Informationsverlust.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem elektrooptischen Abtastsystem der eingangs genannten Art die durch die Zwischenräume zwischen den Detektorelementen bedingten Informationsverluste zu vermindern.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch

- (c) Bildversatzmittel, durch welche das Gesichtsfeldbild zur Überdeckung der Zwischenräume periodisch

- längs einer geschlossenen Bahn relativ zu dem Mosaik-Detektor verlagerbar ist,
- (d) Speichermittel, auf welche von den Detektorelementen gelieferte Bildinformation, die mehreren verschiedenen Punkten oder Teilen der geschlossenen Bahn entsprechen, aufschaltbar sind und
 - (e) Mittel zur Erzeugung eines hochaufgelösten elektronischen Bildes aus den gespeicherten Bildinformationen.

Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachstehend unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher erläutert:

Fig. 1 zeigt schematisch in vergrößertem Maßstab einen Ausschnitt aus einem Mosaik-Detektor mit vier durch Zwischenräume getrennten Detektorelementen sowie Bildelementen, die nacheinander auf jeweils einem der Detektorelemente abgebildet werden, und die geschlossenen Bahnen, die von Punkten des Gesichtsfeldbildes beschrieben werden.

Fig. 2 zeigt einen Spiegel, der im Strahlengang eines das Gesichtsfeld auf den Mosaik-Detektor abbildenden optischen Systems angeordnet ist und die Bildversatzmittel, durch welche dem Spiegel eine schrittweise Nutationsbewegung erteilbar ist.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf die Spiegelfläche.

Fig. 4 zeigt einen Schnitt längs der Linie IV-IV von Fig. 2.

Fig. 5 veranschaulicht den Ablauf des Umschaltvorganges bei einer Anordnung nach Fig. 2 bis 4.

Fig. 6 zeigt einen Mosaik-Detektor mit einer von einem Bildpunkt eines Gesichtsfeldbildes beschriebenen geschlossenen Bahn bei einer anderen Ausführungsform eines elektrooptischen Empfängersystems.

Fig. 7 zeigt in schematischer Seitenansicht das optische System, durch welches das Gesichtsfeld auf den Mosaik-Detektor abgebildet wird, mit den auf einen Spiegel wirkenden Bildversatzmitteln.

Fig. 8 ist eine zugehörige Ansicht längs der Linie VIII-VIII von Fig. 7 und zeigt einen Spiegel des optischen Systems und die winkelmäßige Anordnung der darauf wirkenden Bildversatzmittel.

Fig. 9 zeigt in Seitenansicht eine weitere Ausführungsform eines elektrooptischen Empfängersystems.

Fig. 10 zeigt in Seitenansicht eine weitere Ausführungsform eines elektrooptischen Empfängersystems.

In Fig. 1 ist ein Ausschnitt eines Mosaik-Detektors 10 dargestellt. Es handelt sich dabei um einen ladungsgekoppelten Bauteil, von dem vier Detektorelemente 12, 14, 16 und 18 dargestellt sind. Die Detektorelemente 12, 14, 16, 18 . . . sind in waagerechten Zeilen und senkrechten Spalten angeordnet. Zwischen den Zeilen und zwischen den Spalten sind Zwischenräume 20 bzw. 22 gebildet. Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Breiten dieser Zwischenräume im wesentlichen gleich den Abmessungen der entsprechenden Seiten der rechteckigen Detektorelemente.

Das Gesichtsfeld, das auf diesem Mosaik-Detektor erzeugt wird, kann in Bildelemente 24 zerlegt werden, die in Fig. 1 gestrichelt dargestellt sind und die teils mit den Detektorelementen 12, 14, 16, 18 zusammenfallen und teils auf die Zwischenräume 20 und 22 fallen. Die Umsetzung des Gesichtsfeldbildes in ein »elektronisches« Bild durch die Detektorelemente 12, 14, 16, 18 führt bei einer starren Anordnung wegen der technischen notwendigen Zwischenräume 20 und 22 zu einem erheblichen Informationsverlust.

Um diesen Informationsverlust zu vermeiden sind Bildversatzmittel vorgesehen, durch welche das Gesichtsfeldbild zur Überdeckung der Zwischenräume 20, 22 periodisch längs einer geschlossenen Bahn relativ zu dem Mosaik-Detektor 10 verlagerbar ist. Diese relative Verlagerung kann durch eine Bewegung des Mosaik-Detektors erhalten werden. Vorteilhaft wird jedoch das Gesichtsfeld gegenüber dem stillstehenden Mosaik-Detektor 10 bewegt, wie unten noch beschrieben wird. In Fig. 1 ist jedoch der leichteren Darstellung halber die Bewegung der Detektorelemente 12, 14, 16, 18 zu den in der Papierebene festen Bildelementen 24 dargestellt. Jedem Detektorelement 12, 14, 16 und 18 sind vier Bildelemente 24 des Gesichtsfeldbildes zugeordnet, die mit A_1, B_1, C_1, D_1 bzw. A_2, B_2, C_2, D_2 ; A_3, B_3, C_3, D_3 und A_4, B_4, C_4, D_4 bezeichnet sind. Das Gesichtsfeldbild nimmt vier verschiedene Stellungen ein. In der dargestellten ersten Stellung erfaßt das Detektorelement 12 das Bildelement A_1 , das Detektorelement 14 das Gesichtsfeldelement A_2 , das Detektorelement 16 das Bildelement A_3 und das Detektorelement 18 das Bildelement A_4 . In der zweiten Stellung des Gesichtsfeldbildes erfaßt das Detektorelement 12 das Bildelement B_1 . In der dritten Stellung des Gesichtsfeldbildes erfaßt das Detektorelement 12 das Bildelement C_1 , und in der vierten Stellung des Gesichtsfeldbildes erfaßt das Detektorelement 12 das Bildelement D_1 . In entsprechender Weise erfaßt das Detektorelement 14 nacheinander die Bildelemente B_2, C_2 und D_2 usw. Man erkennt, daß auf diese Weise im Verlauf eines Zyklus alle Bildelemente 24 von den Detektorelementen 12, 14, 16, 18 usw. erfaßt werden. Es ist hier, wie gesagt, die Bewegung der Detektorelemente 12, 14, 16, 18 gegenüber dem Gesichtsfeldbild dargestellt, die geschlossenen Bahnen 26 im Gegenuhrzeigersinn folgen. Tatsächlich führt bei der dargestellten Ausführungsform jedes Bildelement eine Bewegung längs einer geschlossenen Bahn im Uhrzeigersinn gegenüber den stillstehenden Detektorelementen 12, 14, 16, 18 aus.

Die von den Detektorelementen 12, 14, 16, 18 gelieferten Bildinformationen, die mehreren Punkten der letztgenannten geschlossenen Bahn entsprechen, werden auf Speichermittel aufgeschaltet. In diesen Speichermitteln ist nach jedem Zyklus eine im wesentlichen lückenlose Bildinformation über das Gesichtsfeld gespeichert. Aus den so gespeicherten Bildinformationen wird ein hochaufgelöstes elektronisches Bild für die digitale Bildverarbeitung erzeugt.

In Fig. 2 bis 4 ist eine Ausführung von Bildversatzmitteln 30 dargestellt, durch welche Gesichtsfeld periodisch längs einer geschlossenen Bahn relativ zu dem Mosaik-Detektor 10 verlagerbar ist. Diese Bildversatzmittel 30 sind zur Erzeugung einer schrittweisen Bewegung des Gesichtsfeldbildes längs der besagten geschlossenen Bahn eingerichtet. Sie enthalten einen in dem abbildenden optischen System angeordneten Spiegel 32. Der Spiegel 32 ist kardanisch gelagert, kann also nach allen Seiten um einen Schwenkpunkt 34 geneigt werden. Ein Kardanrahmen 36 ist in gehäusefesten Lagerböcken 38, 40 über zwei zweiteilige Kreuzfedergelenke 42 und 44 um eine Achse 46 kippbar gelagert. Der Spiegel 32 ist mit einem Ansatz 48 über ein dreiteiliges Kreuzfedergelenk 50 um eine Achse 52 kippbar gelagert. Die beiden Achsen 46 und 52 schneiden sich in dem Schwenkpunkt 34.

Um den Schwenkpunkt 34 herum sind vier um 90° gegeneinander winkelfversetzte Elektromagnete 54, 56, 58, 60 angeordnet. Durch die Elektromagnete 54, 56, 58, 60 sind Momente auf den Spiegel 32 ausübbar zur Erzeugung einer Neigung des Spiegels 32. Zu diesem Zweck

sind an dem Spiegel 32 ferromagnetische Anker 62, 66 . . . gegenüber den Magneten 54 bzw. 58 usw. angebracht. Die Anker 62, 66 . . . kommen jedoch nicht an den Magneten 54, 56, 58, 60 zur Anlage. Es ist vielmehr auf der Rückseite des Spiegels 32 um den Kardanrahmen 36 und die Lagerböcke 38, 40 herum ein ringförmiger Anschlag 68 vorgesehen, an welchem der Spiegel 32 bei seiner rotierenden Bewegung von einer Stellung zur anderen abrollt.

Es ist eine (nicht dargestellte) Ansteuerschaltung vorgesehen, durch welche für jede Stellung des Spiegels 32 nacheinander jeweils ein Paar benachbarter Elektromagnete, z. B. 54 und 56, erregbar ist. Dabei wird durch die Ansteuerschaltung bei der Umschaltung von einer Stellung zur nächsten jeweils ein Elektromagnet, z. B. 56, des zuletzt erregten Paares, z. B. 54, 56, erregt gehalten. Der andere Elektromagnet 54 dieses Paares, der auf einer Seite des erregt gehaltenen Elektromagneten 56 sitzt, wird abgeschaltet. Mit Verzögerung nach dieser Abschaltung wird der Elektromagnet 58 auf der anderen Seite erregt. Im stabilen Endzustand sind jeweils zwei Elektromagnete erregt. Der Spiegel 32 ist nach links oben, links unten, rechts unten oder rechts oben geneigt. Das entspricht beispielsweise den verschiedenen Stellungen des Detektorelements 12 relativ zu den Bildelementen A_1 , B_1 , C_1 und D_1 .

Die zeitliche Abfolge der Schaltvorgänge bei dem Umschaltvorgang ist in Fig. 5 dargestellt. Es ist oben die Schaltung der verschiedenen Elektromagnete $M(i-2)$, $M(i-1)$ und $M(i)$, also beispielsweise 54, 56 und 58, als Funktion der Zeit dargestellt und darunter ebenfalls als Funktion der Zeit die Winkelgeschwindigkeit ω , des rotierenden Spiegels 32 und der Nutationswinkel α . Man erkennt, daß der Elektromagnet $M(i)$ erst mit einer Verzögerung von 0,5 Millisekunden nach dem Abschalten

des Elektromagneten $M(i-1)$ die Erregung aufnimmt und das Abrollen des Spiegels 32 an dem ringförmigen Anschlag 68 wird erreicht, daß der Spiegel sich ohne Überschwingungen in seine neue Stellung stellt. Der Spiegel 32 wird jeweils sehr schnell von einer Stellung in die andere bewegt (Schaltzeit) und bleibt dann für eine relativ lange Meßzeit in dieser Stellung, bis die Fortschaltung in die nächste Stellung eingeleitet wird.

Die Ansteuerschaltung arbeitet nach folgendem Schema

Elektromagnet

Erregung	54	56	58	60
	L	L*	O	O
	O	L	L*	O
	O	O	L	L*
	L*	O	O	L
	L	L*	O	O

Dabei bedeutet »L« jeweils Erregung, »O« Nichterregung und »L*« Erregung mit Zeitverzögerung gemäß Fig. 5.

Bei der Ausführungsform gemäß den Fig. 6 bis 10

erfolgt keine schrittweise Fortschaltung des Gesichtsfeldbildes sondern eine kontinuierliche Bewegung längs einer Kreisbahn. Längs einer solchen Kreisbahn 70 bewegt sich jedes Bildelement des Gesichtsfeldbildes relativ zu dem zugehörigen Detektorelement 72 des Mosaik-Detektors 74. Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Detektorelemente 72 quadratisch. Die Breiten der Zwischenräume zwischen den Zeilen und Spalten der Detektorelemente 72 sind vergleichbar der Seitenlänge der Detektorelemente 72. Der Durchmesser der Kreisbahn 70 ist gleich der Länge der Diagonale eines Detektorelements. Die von den Detektorelementen 72 erhaltenen Signale werden über die zwischen den Punkten »1«, »2«, »3« und »4« liegenden Bahnabschnitte integriert. Die Integrale werden gespeichert und diese vier Integrale zur Bildung eines »elektronischen« Gesichtsfeldbildes verarbeitet. Es tritt zwar hier eine gewisse »Verschmierung« der Bildinformationen auf. Es werden aber auf jeden Fall, im Gegensatz zu einer starren Anordnung auch Bildinformationen aus den Zwischenräumen gewonnen und zur Erzeugung des elektronischen Gesichtsfeldbildes herangezogen.

Das abbildende optische System enthält in der Ausführungsform gemäß den Fig. 7 und 8 eine Linse 76, einen ringförmigen Planspiegel 78 und einen Planspiegel 80. Durch die Planspiegel 78 und 80 wird der Strahlengang gefaltet. Die Linse 76 erzeugt über die Planspiegel 78 und 80 ein Gesichtsfeldbild eines Gesichtsfelds auf dem Mosaik-Detektor 74. Der Planspiegel 78 ist auf drei Piezoelementen 82, 84 und 86 abgestützt, die um den Mosaik-Detektor 74 herum angeordnet und um 120° , gegeneinander winkelfersetzt sind. Die Piezoelemente 82, 84 und 86 werden von einer Ansteuerschaltung 88 mit drei um 120° gegeneinander phasenverschobenen Wechselspannungen beaufschlagt. Piezoelemente ändern

ihre Form und damit die Lage des Planspiegels 78. Wenn die drei räumlich um 120° gegeneinander versetzte Piezoelemente von drei um 120° gegeneinander phasenverschobenen Wechselspannungen beaufschlagt sind, dann führt der Planspiegel 78 eine gleichförmige Nutationsbewegung aus. Durch Überlagerung einer Gleichspannung zu den Wechselspannungen kann eine kontrollierte Feinjustage der optischen Abbildungsschärfe, insbesondere zum Abgleich von Temperaturänderungen, erfolgen.

Infolge der Nutationsbewegung des Planspiegels 78 führt jeder Punkt des Gesichtsfeldbildes eine kreisende Bewegung längs einer der Bahn 70 entsprechenden Bahn aus.

Fig. 9 zeigt eine weitere Ausführungsform, wie die kreisende Bewegung des Gesichtsfeldbildes erzeugt werden kann. Das abbildende optische System ist dort durch eine Linse 90 dargestellt. Im Strahlengang des Systems ist ein rotierender optischer Kell 92 angeordnet, der einen umlaufenden Bildversatz bewirkt.

Fig. 10 zeigt eine weitere Ausführungsform, wie die kreisende Bewegung des Gesichtsfeldbildes erzeugt werden kann. Das abbildende optische System ist durch eine Linse 90 dargestellt. Im Strahlengang des Systems ist eine schräggestellte optische Platte 93 angeordnet, die bei Drehung einen umlaufenden Bildversatz bewirkt.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

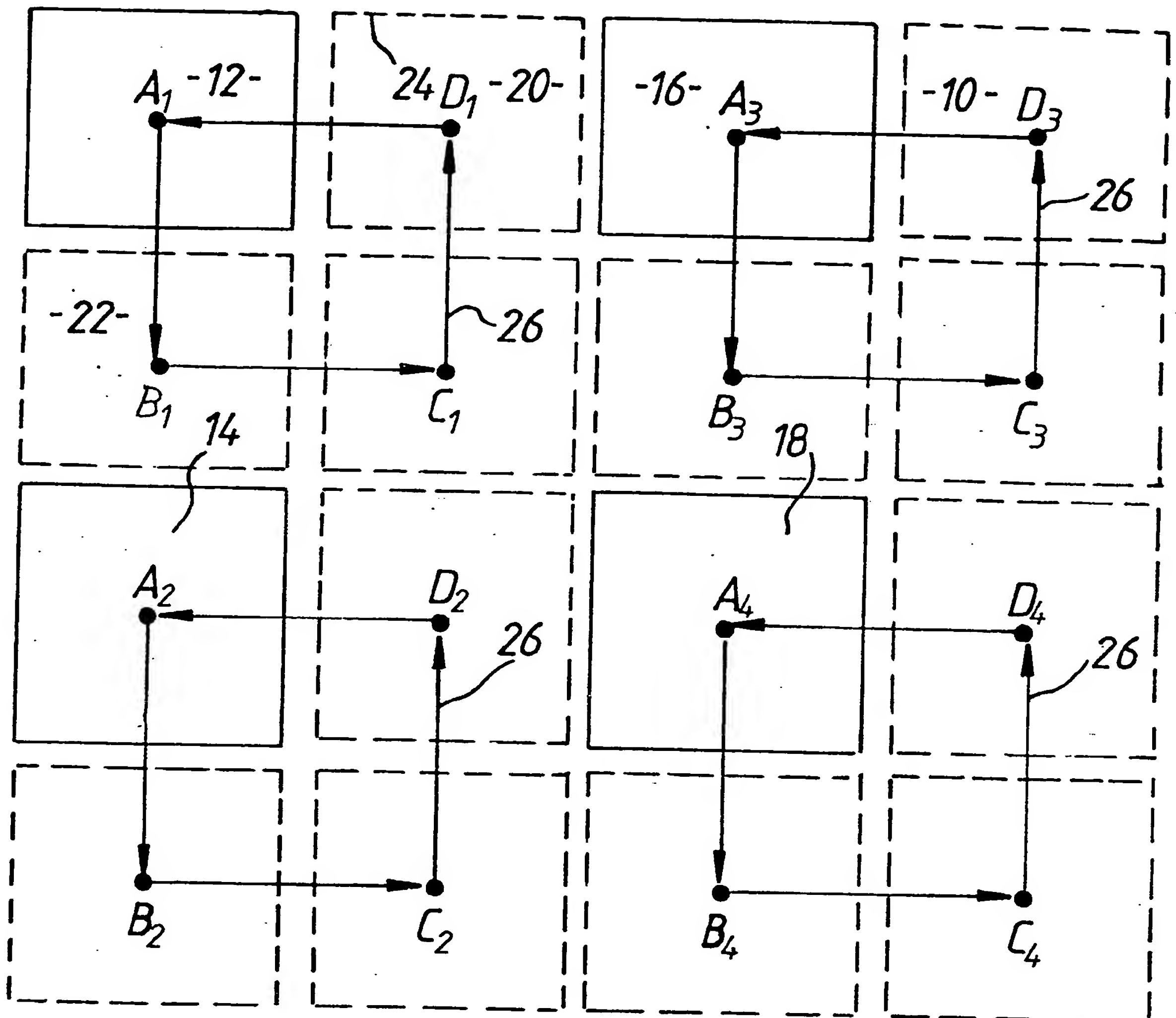


Fig. 1

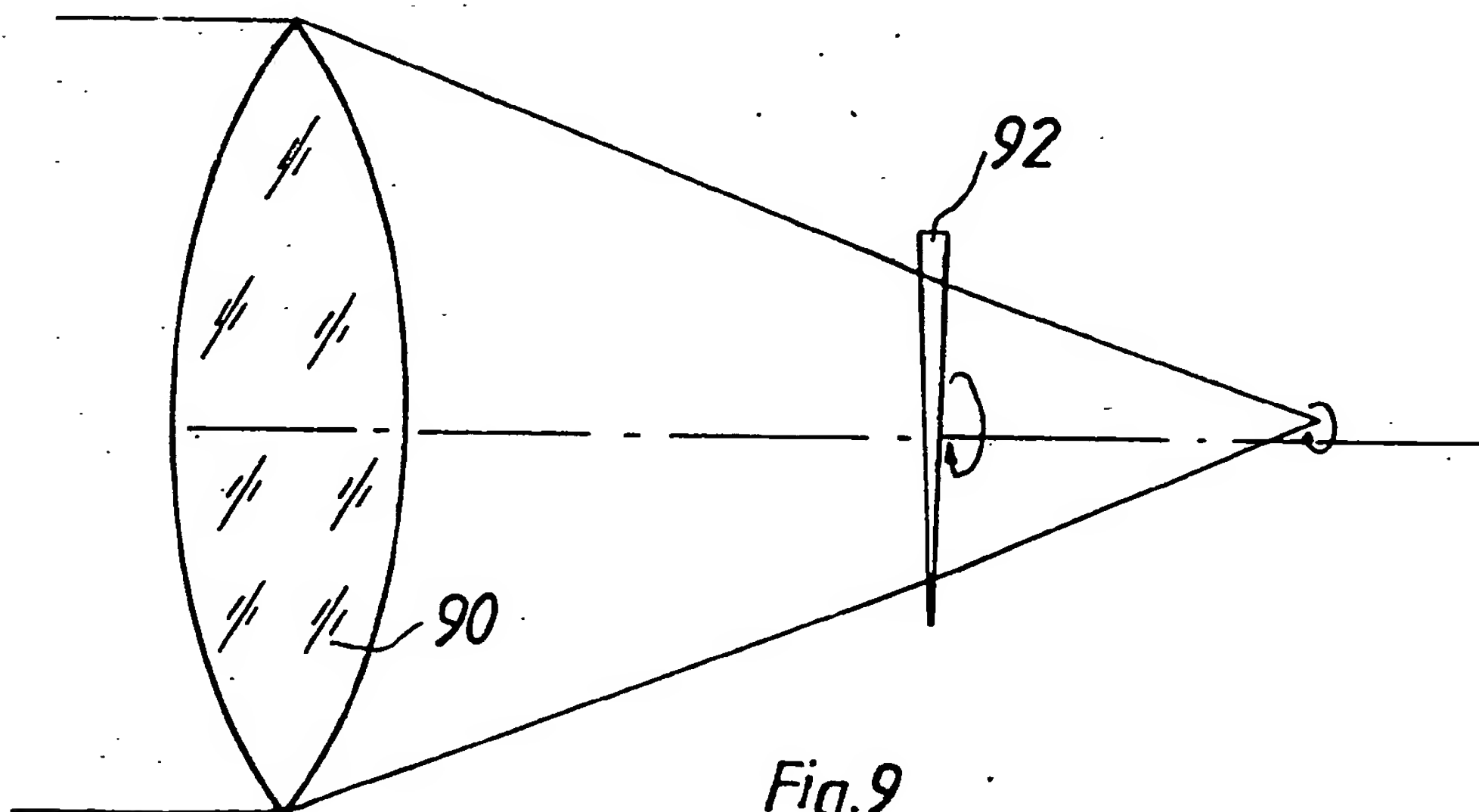
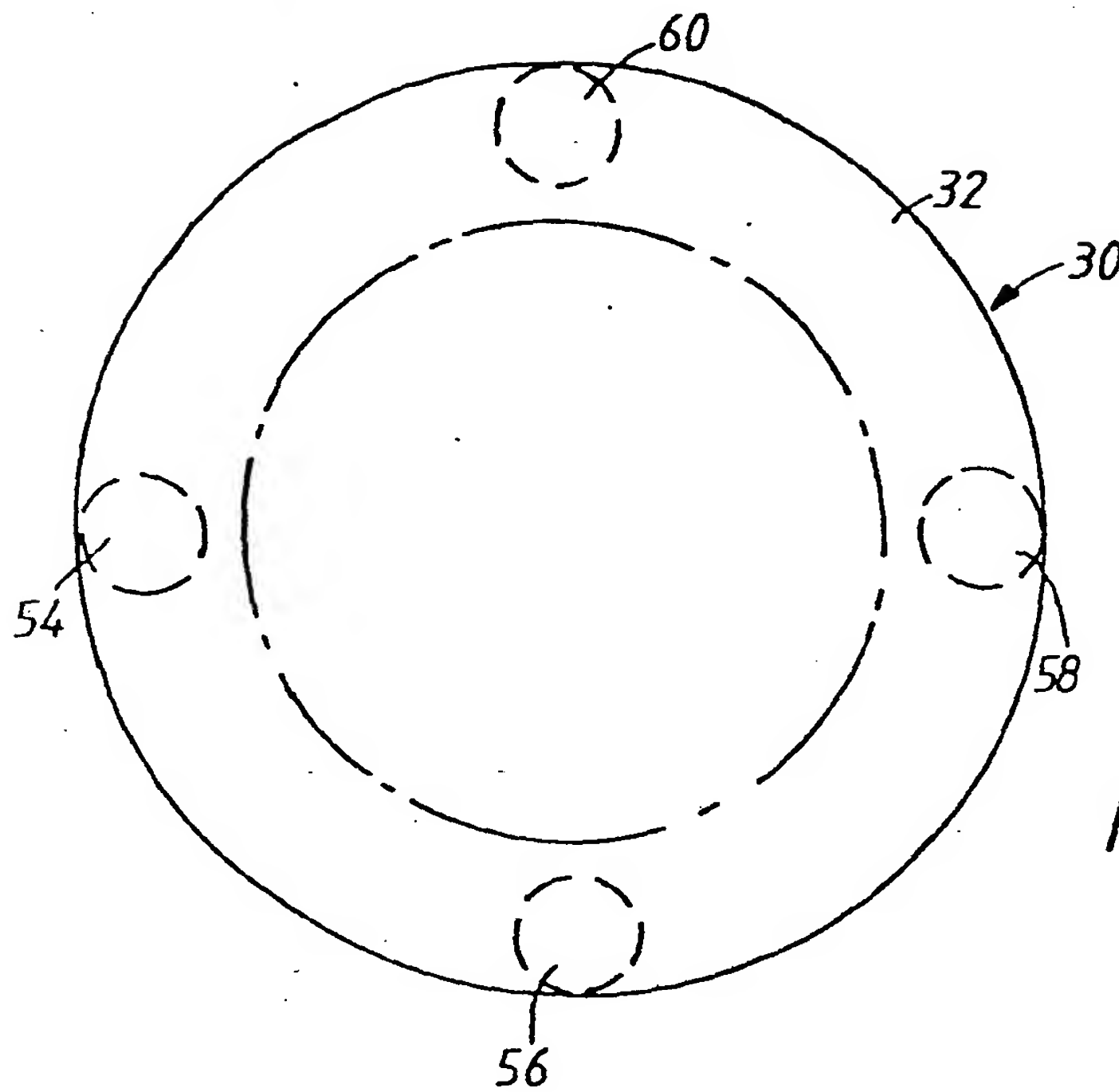
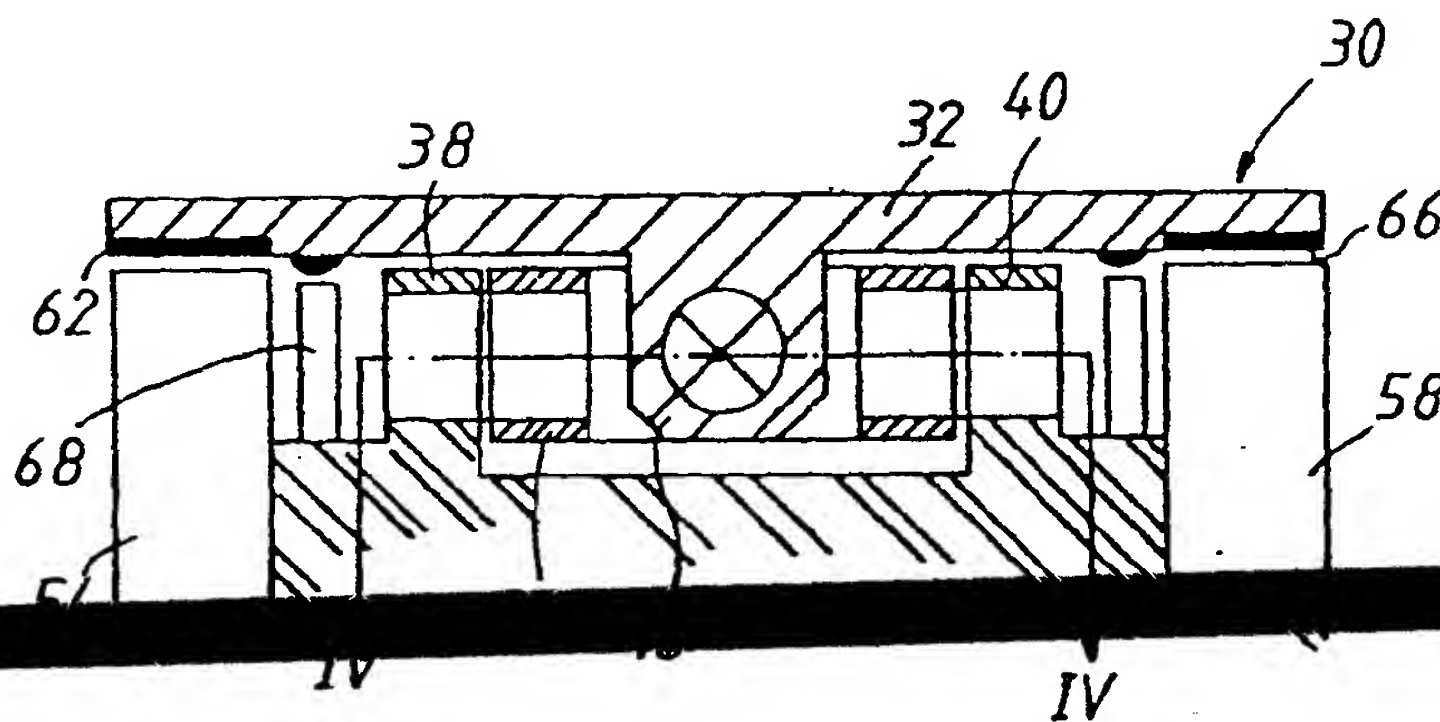
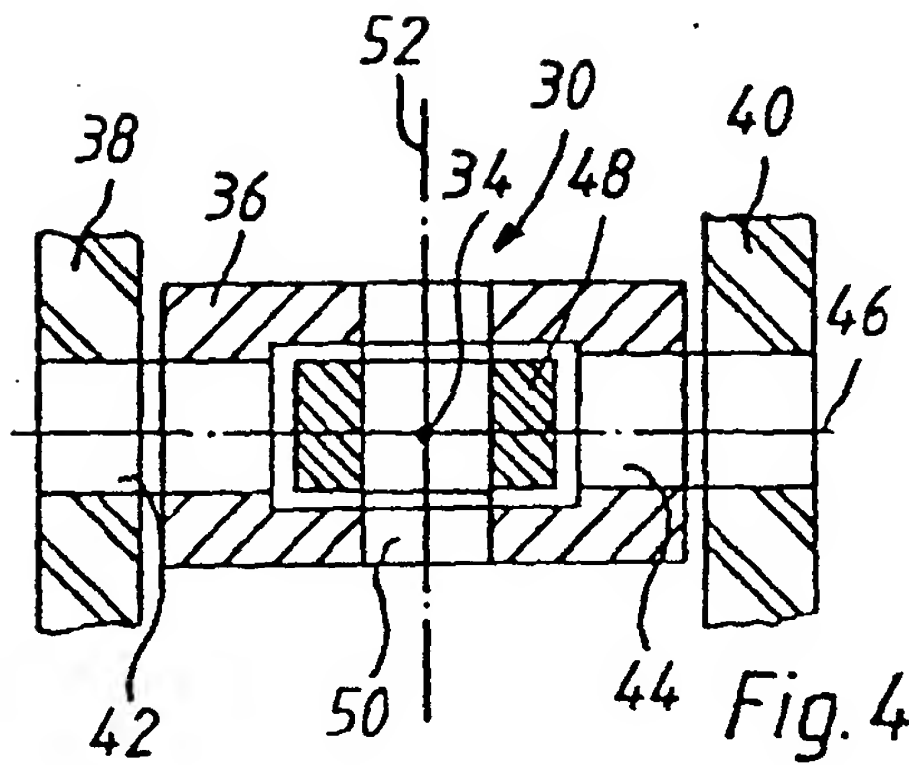


Fig. 9



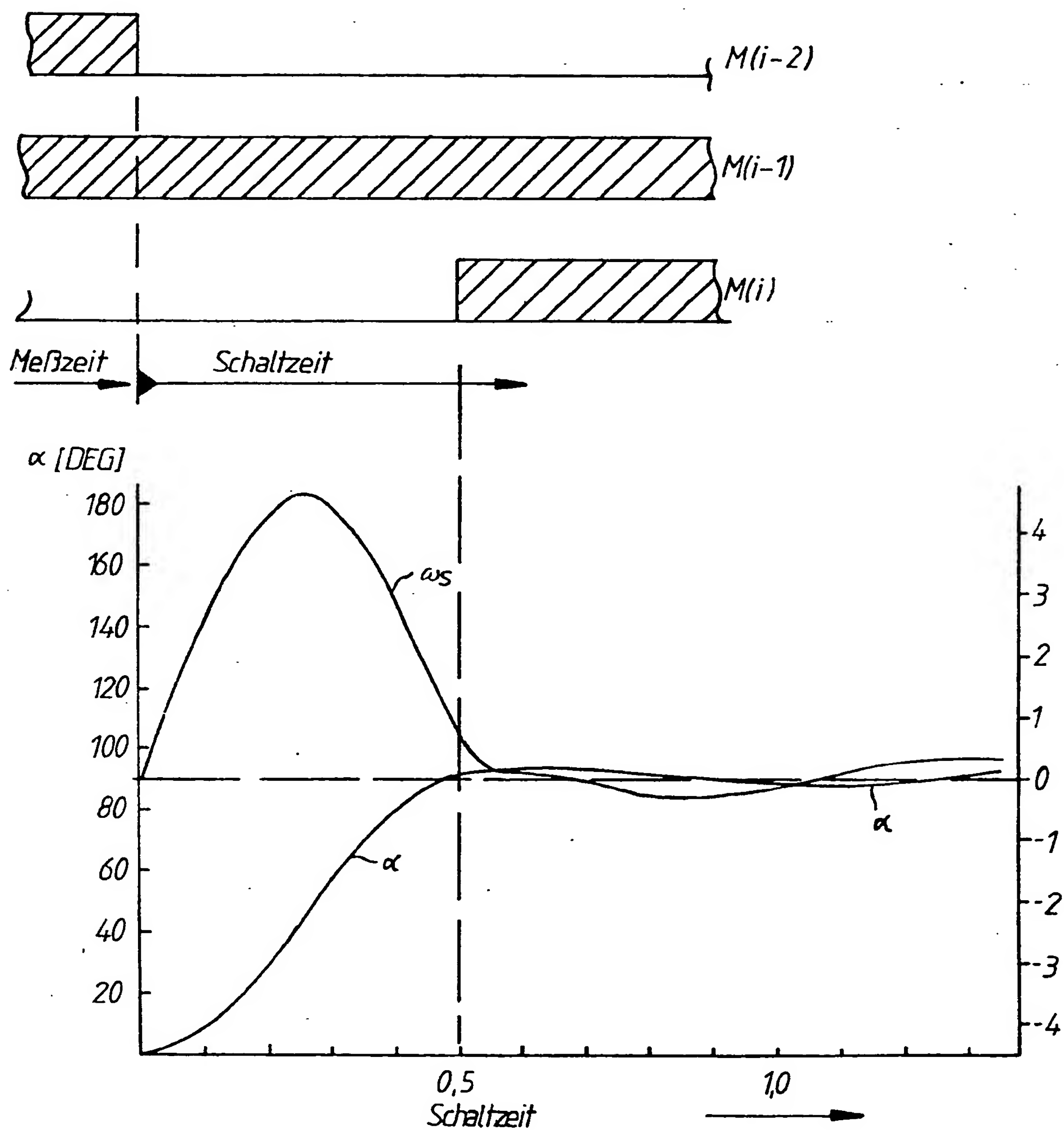


Fig.5

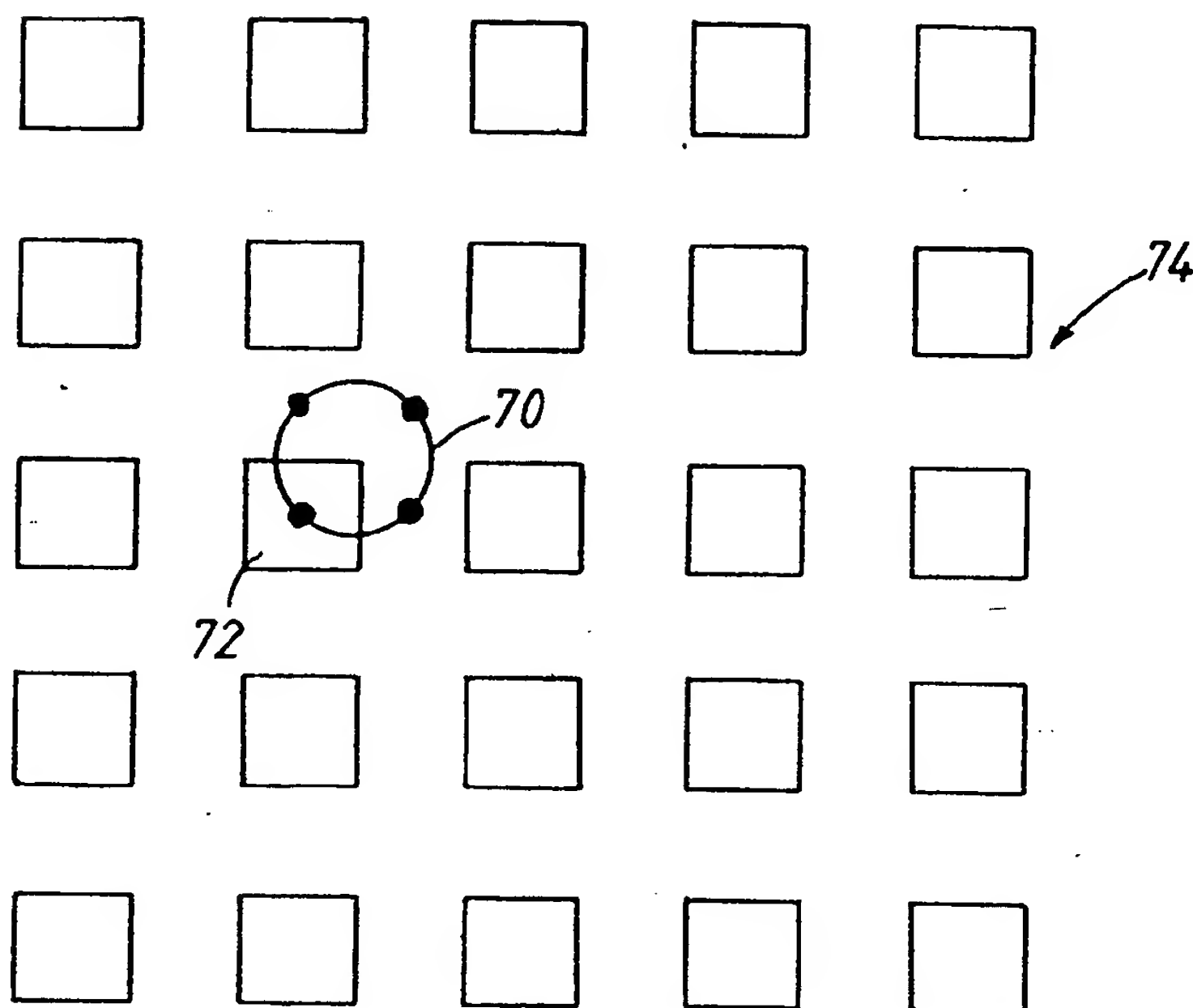


Fig. 6

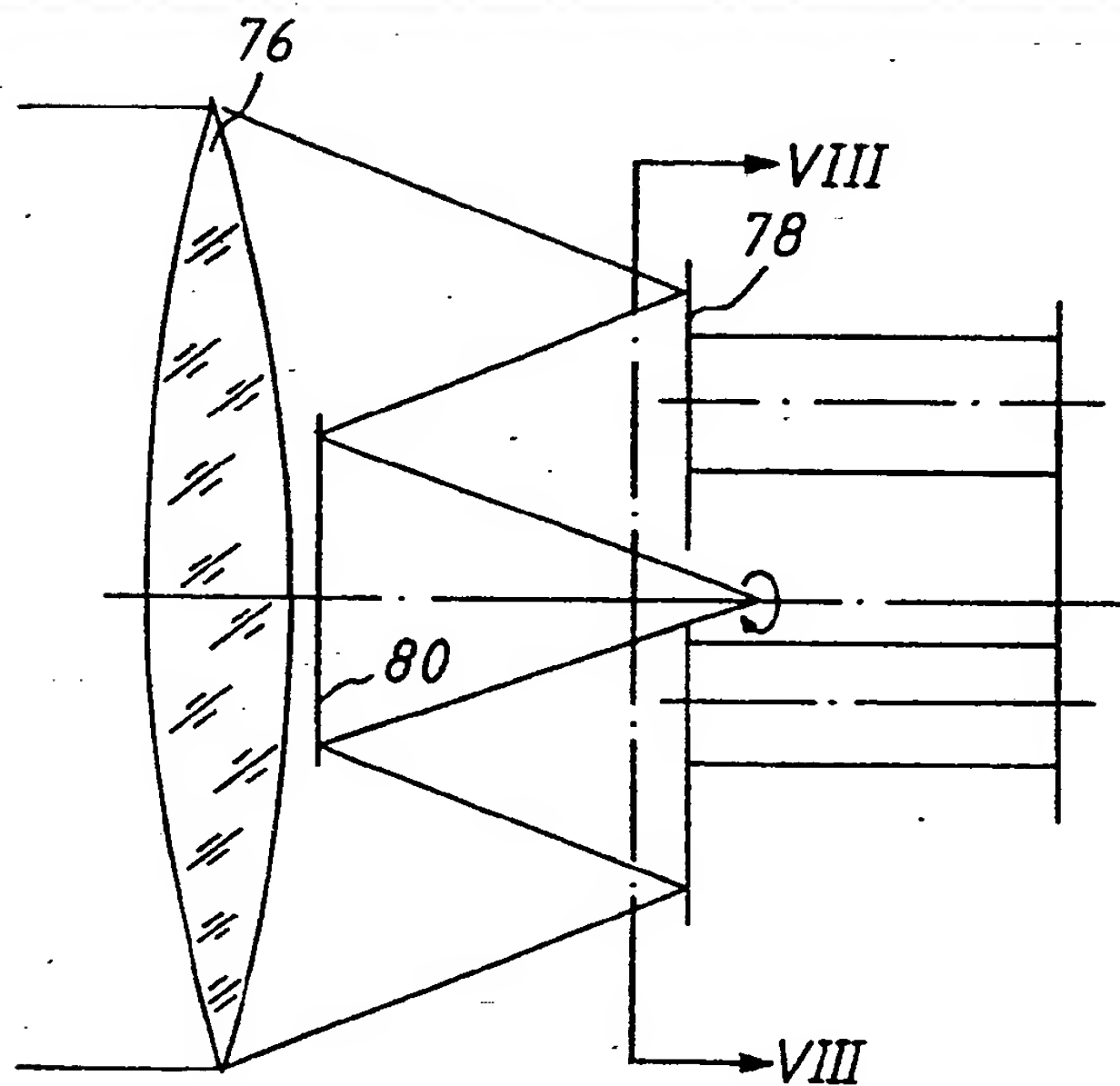


Fig. 7

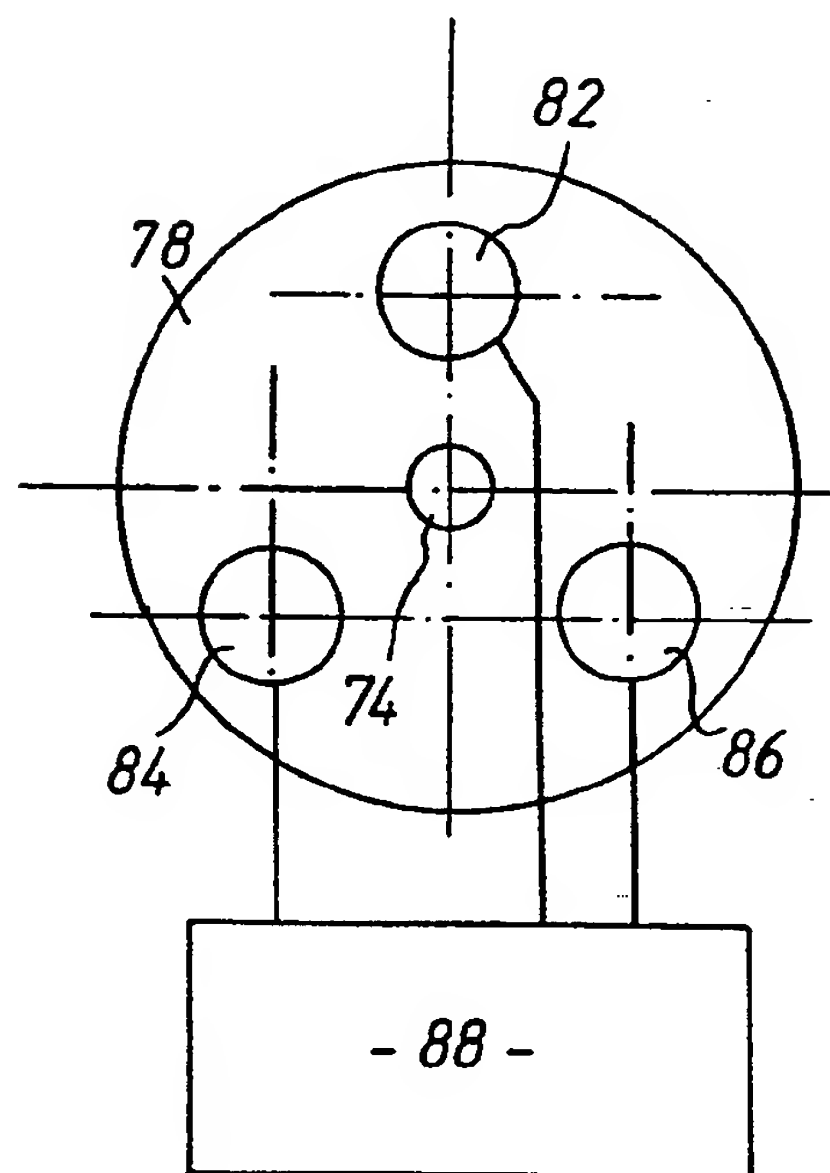


Fig. 8

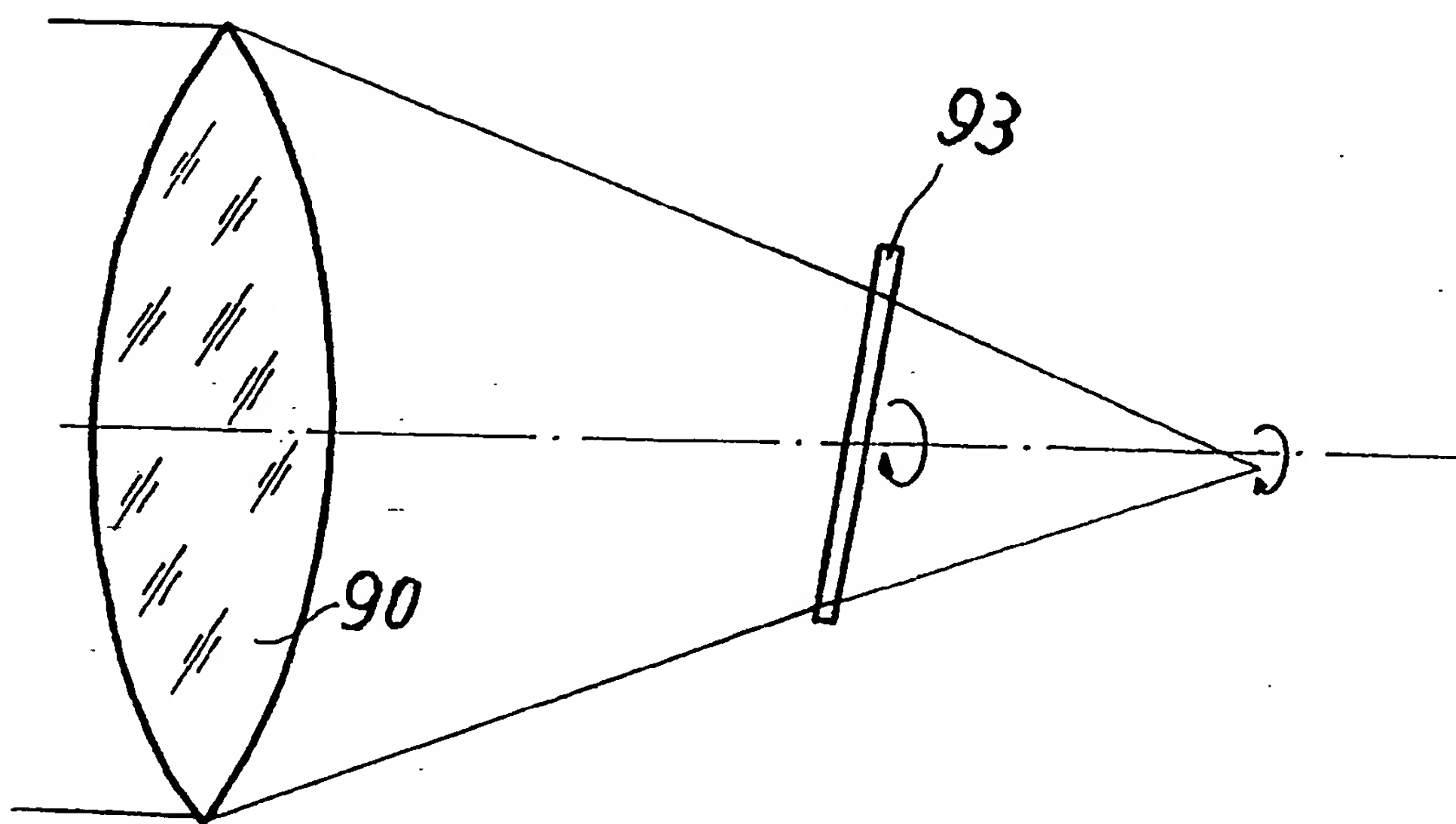


Fig. 10

